

# CHALLENGE DE DIMENSIONNEMENT GÉOTECHNIQUE FRANCOPHONE

## Enquête

Une initiative commune de :

*Corporate Associates Presidential Group (CAPG),*  
*Young Members Presidential Group (YMPG),*  
Comité Français de Mécanique des Sols (CFMS),  
Comité Marocain de Mécanique des Sols et des Géotechnique (CMMSG)

### 1. CONTEXTE ET MOTIVATION

Lors de la XVI<sup>ème</sup> Conférence Européenne du Danube (Skopje, Macédoine du Nord, juin 2018), la question suivante a été soulevée : « Sommes-nous en train surdimensionner les ouvrages ? ». Or que cette question a été posée au niveau régional, plus particulièrement en Asie, la réflexion s'étend à l'international. Les praticiens utilisent différentes méthodes d'investigation géotechnique et des codes de calculs locaux pour la conception géotechnique. Il est donc pertinent de faire un état des lieux au niveau international de nos pratiques de dimensionnement.

Le CAPG a lancé une enquête internationale intitulée “*Are we Overdesigning*” début 2019 visant à évaluer la cohérence des modèles de calcul et des méthodes de dimensionnement pour une variété de structures géotechniques et, dans les cas où c'est possible, à comparer les résultats avec des essais de chargement de grandeur réelle et des analyses de fiabilité.

Pour faire la promotion de cette enquête, le CAPG prévoit des événements en ligne dans les six régions de l'ISSMGE (Afrique, Asie, Australasie, Europe, Amérique du Nord et Amérique du Sud). L'enquête est animée au sein de la communauté géotechnique francophone par le CFMS Jeunes et le CMMSG, en lien avec l'ISSMGE à travers l'YMPG.

### 3. APERÇU

L'étude est basée sur deux profils de sol, un dans l'argile et l'autre dans le sable. Les résultats des essais de sol, typiquement ceux que l'on trouverait dans un rapport d'investigation géotechnique, sont fournis. Les propriétés des sols pour les profils d'argile et de sable sont indiquées respectivement dans les annexes A et B. Des feuilles de calcul Excel sont également fournies avec des données numériques.

Dix problèmes types sont proposés, à savoir : les semelles de fondation chargées verticalement et avec excentrement, les pieux chargés axialement et latéralement, les pentes et les écrans de soutènement (voir annexe C). Il s'agit de problèmes relativement faciles à analyser et représentatifs des structures géotechniques que l'on trouve dans la pratique courante.

Pour certains problèmes il est demandé de prévoir le comportement de la structure en termes de charge-déplacement (problèmes de prévision). Pour d'autres, il est demandé de dimensionner la structure telle qu'elle serait construite (problèmes de dimensionnement). Les problèmes de prévision visent à évaluer la sélection des paramètres et des modèles de calcul. Les problèmes de dimensionnement visent à évaluer les dispositions prises pour assurer la sécurité et l'état limite de service des structures géotechniques.

**Il n'est pas nécessaire d'analyser tous les dix problèmes, bien qu'il serait apprécié que vous le fassiez. N'hésitez pas à ne soumettre des réponses que pour les problèmes qui sont typiques du travail que vous faites au quotidien.**

### 4. INSTRUCTIONS

1. L'événement sera lancé lors d'une réunion en ligne le **12 novembre 2020 à 10h** au cours de laquelle nous présenterons le contexte de l'événement, les paramètres géotechniques disponibles et les problèmes à résoudre.
2. Analysez autant de problèmes que vous le souhaitez. Des solutions partielles seront également acceptées ;
3. Les résultats de vos analyses doivent être présentés sur le formulaire en ligne via le lien suivant : [Formulaire de réponse](#) ;
4. Veuillez renseigner les "Détails du participant" en indiquant votre pays et votre profession dans l'espace prévu à cet effet. Les réponses resteront anonymes.
5. Veuillez utiliser les méthodes d'analyse et les codes de calcul qui seraient normalement appliqués dans un bureau d'études de votre pays. Il ne s'agit pas d'un concours visant à déterminer qui peut obtenir la "bonne" réponse. Il s'agit d'une évaluation des résultats donnés par les méthodes de calcul couramment utilisées ;
6. La date limite pour les soumissions est le **4 décembre 2020** ;

## 5. PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats de l'enquête entre pays francophones seront présentés lors de la séance en ligne qui aura lieu le **16 décembre 2020 à 10h**. Une analyse des résultats au niveau international sera présentée lors de la Conférence internationale de l'ISSMGE à Sydney en 2021.

## 6. QUESTIONS

Toute question concernant cette enquête peut être adressée à [jeunes@geotechnique.org](mailto:jeunes@geotechnique.org).

Lien vers le site de l'ISSMGE de l'enquête originale : [Are we overdesigning ?](#)

Sites utiles :

CFMS : <http://www.cfms-sols.org/>

CFMS Jeunes : <http://www.cfms-sols.org/cfms-jeunes/presentation>

ISSMGE : <https://www.issmge.org/>

YMPG : <https://www.issmge.org/young-members/young-member-presidential-group>

Formulaire de soumission des réponses :

<https://forms.gle/mgoKJ8j8sX1xCHo2A>

Nous vous remercions d'avance de votre participation et nous espérons recevoir de nombreuses réponses.

### **Le comité d'organisation :**

Alexandre LOPES (CFMS Jeunes)

Ahmed Hamza MRIDAKH (CMMSG)

Jean de SAUVAGE (CFMS Jeunes)

Minh Tuan HOANG (CFMS Jeunes)

## **ANNEXE A : PROFIL ARGILEUX**

### **A1 LE PROFIL DE SOL**

Le profil argileux est principalement d'origine alluviale et surconsolidé.

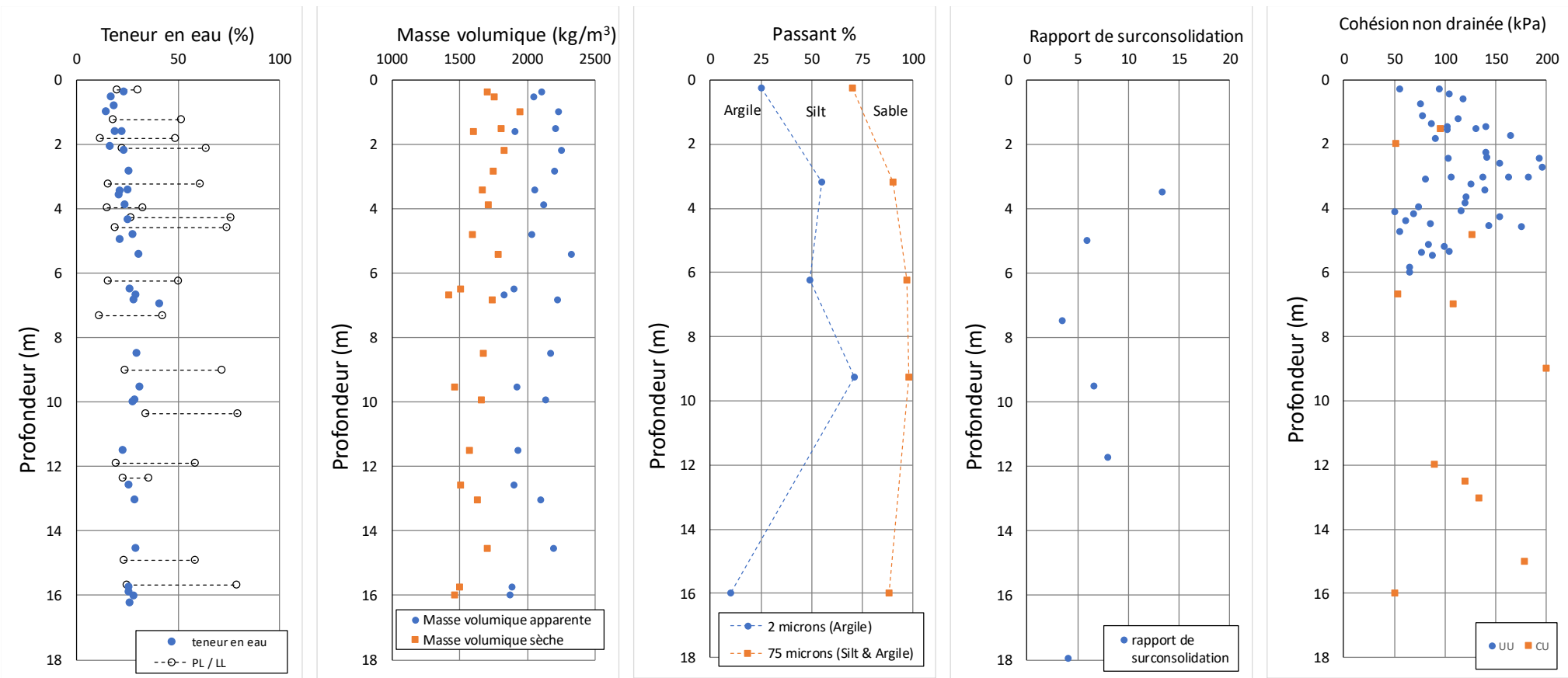
La coupe peut être décrite comme suit :

0,0 – 5,5m	Argile très raide
5,5 – 6,5m	Passages sableux moyennement denses
6,5 – 12,0m	Argile très raide
12,0m +	Schiste très altéré.

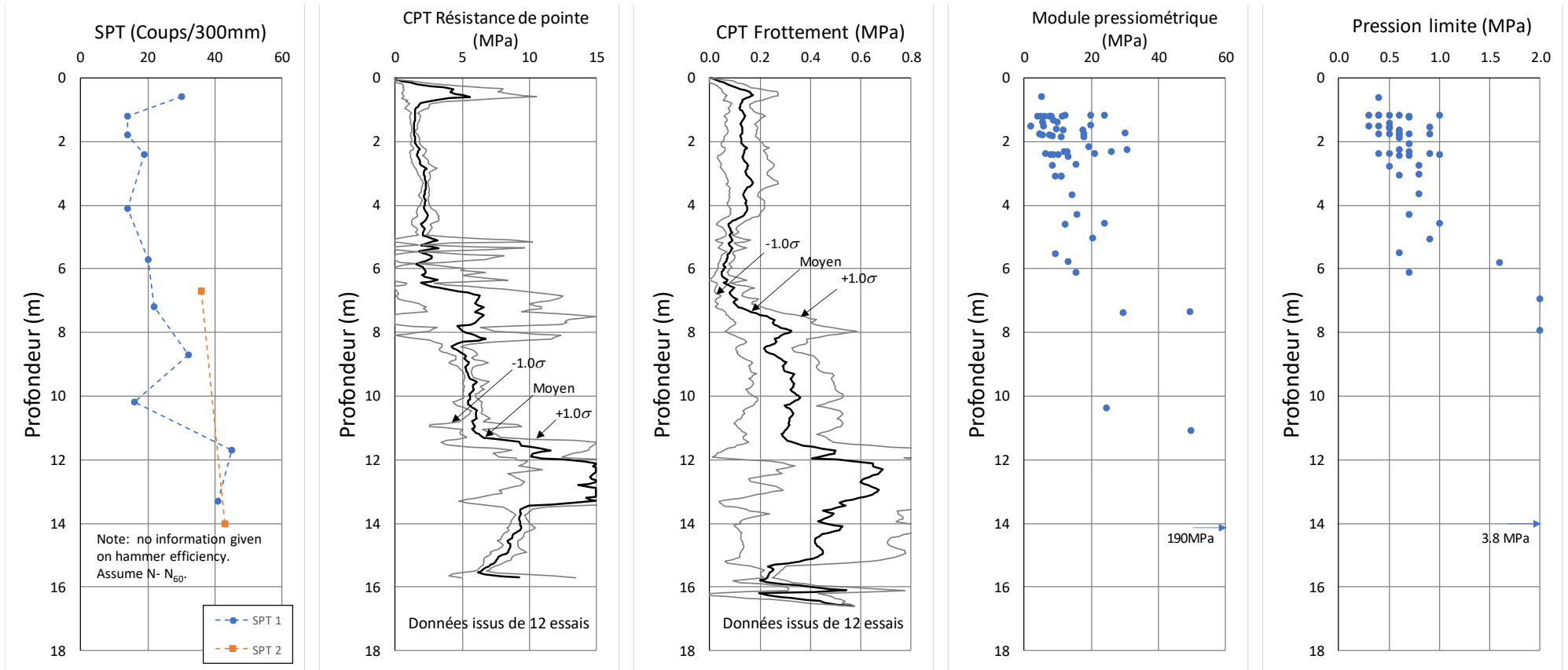
La nappe phréatique se trouve à une profondeur d'environ 6 m sous le niveau du terrain naturel

### **A2 LES PROPRIÉTÉS DES SOLS**

Les résultats des essais de laboratoire et *in situ* sur l'argile sont résumés dans les figures A1 et A2 respectivement.



**Figure A1 : PROFILS DANS L'ARGILE – Synthèse des essais de laboratoire**



**Figure A2 : PROFILS DANS L'ARGILE – Synthèse des essais *in situ***

## **ANNEXE B : PROFIL SABLEUX**

### **B1 LE PROFIL DE SOL**

Le profil sableux est également principalement d'origine alluviale.

La coupe peut être décrite comme suit :

0,0 – 4,0m	Sables limoneux
4,0 – 8,0m	Sables
8,0 – 12,5m	Sables argileux
12,5m +	Schiste très altéré.

La nappe phréatique se trouve à une profondeur d'environ 5 m sous le niveau du terrain naturel.

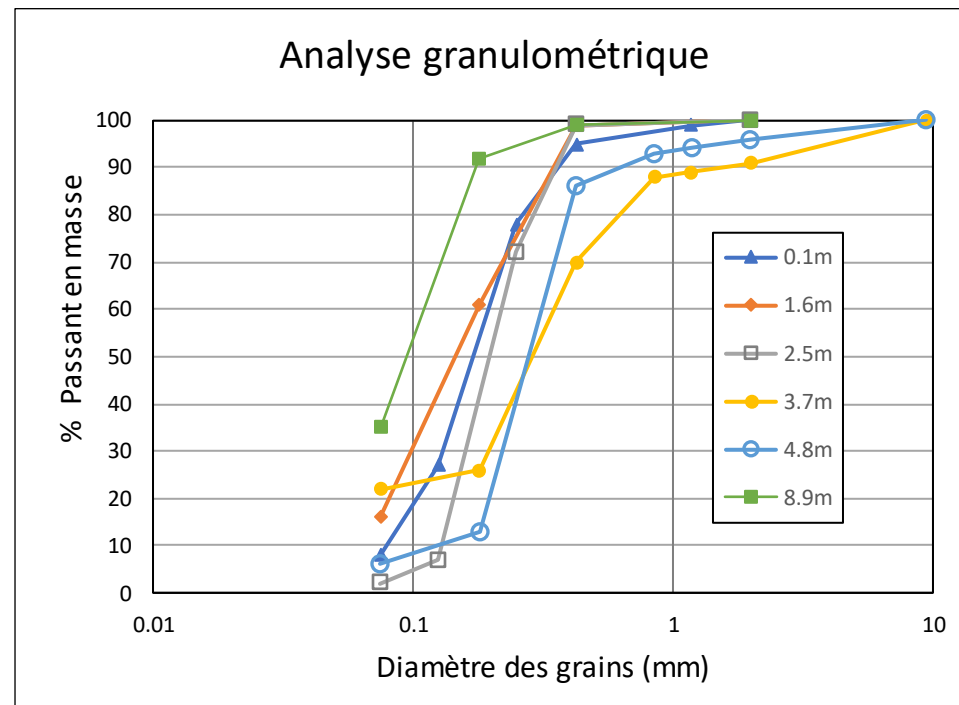
### **B2 LES PROPRIÉTÉS DES SOLS**

Les résultats des essais en place et en laboratoire sont donnés dans les figures suivantes :

- Figure B1 : Granulométrie
- Figure B2 : Essais SPT
- Figure B3 : Teneur en eau
- Figure B4 : Essais CPTu
- Figure B5 : Essais pressiométriques Ménard
- Figure B6 : Essais au dilatomètre plat
- Figure B7 : Essais sismiques type *Cross-hole*

## Analyse granulométrique

Dimension de l'ouverture (mm)	% Passant en masse					
	0.1m	1.6m	2.5m	3.7m	4.8m	8.9m
9.5				100	100	
2	100	100	100	91	96	100
1.18	99			89	94	
0.85				88	93	
0.425	95	99	99	70	86	99
0.25	78		72			
0.18		61		26	13	92
0.125	27		7			
0.075	8	16	2	22	6	35

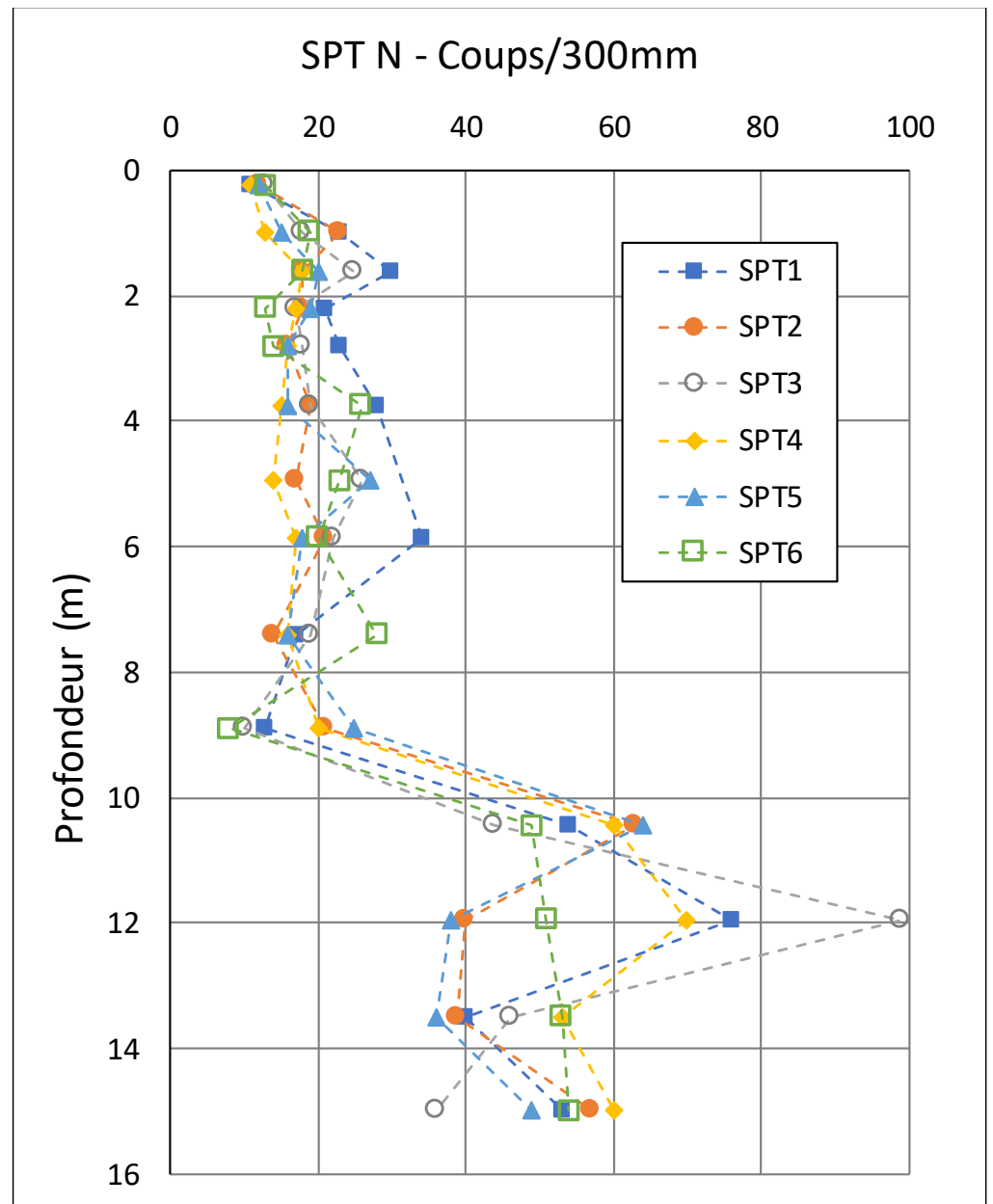


**Figure B1 : PROFILS DANS LE SABLE – Synthèse granulométrique**



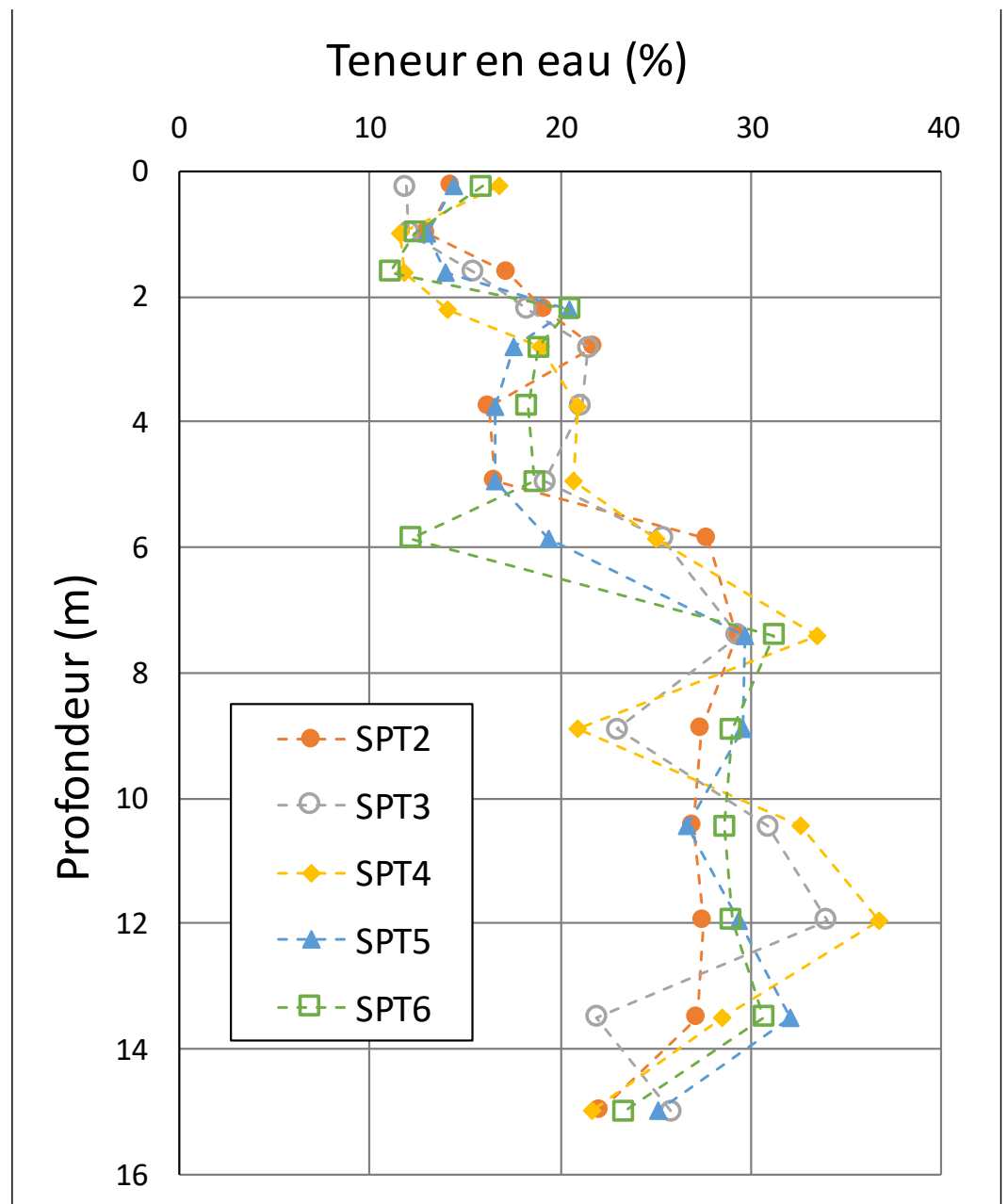
Profondeur (m)	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6
	Coups / 300mm					
0.23	11	12	13	11	12	13
0.98	23	23	18	13	15	19
1.60	30	18	25	18	20	18
2.20	21	18	17	17	19	13
2.80	23	16	18	16	16	14
3.75	28	19	19	15	16	26
4.95		17	26	14	27	23
5.85	34	21	22	17	18	20
7.40	17	14	19	16	16	28
8.90	13	21	10	20	25	8
10.45	54	63	44	60	64	49
11.95	76	40	99	70	38	51
13.50	40	39	46	53	36	53
15.00	53	57	36	60	49	54

NT: Efficacité moyenne du SPT 53% (46% - 60%).

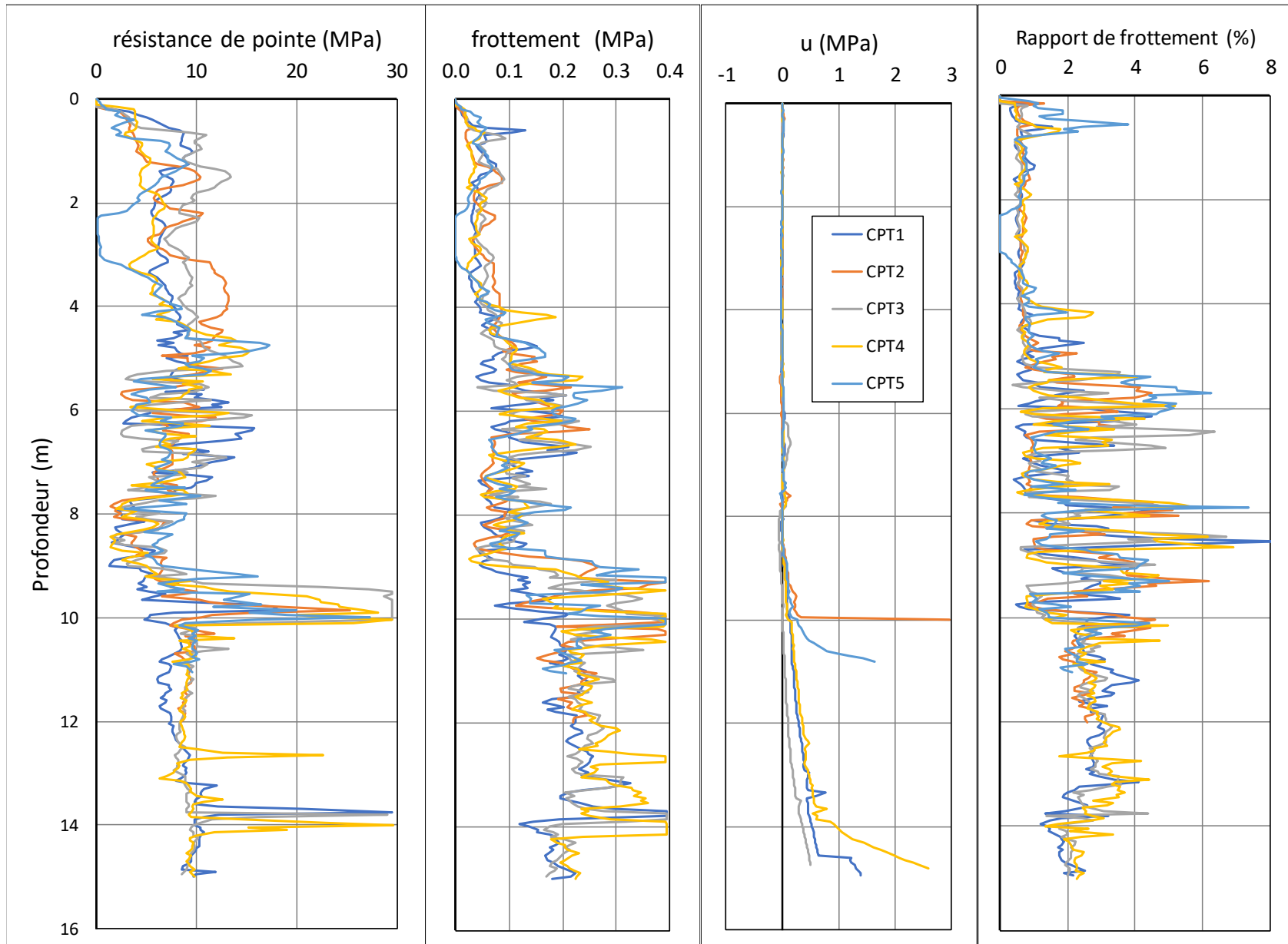


**Figure B2 : PROFILS DANS LE SABLE – Synthèse des essais SPT**

Profondeur (m)	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6
	Teneur en eau (%)				
0.23	14.3	11.9	16.8	14.4	15.9
0.98	13.0	12.1	11.6	13.0	12.4
1.60	17.2	15.5	11.8	14.0	11.1
2.20	19.2	18.3	14.1	20.5	20.5
2.80	21.8	21.5	19.0	17.6	18.9
3.75	16.3	21.1	20.9	16.6	18.3
4.95	16.6	19.2	20.7	16.6	18.7
5.85	27.7	25.4	25.0	19.4	12.2
7.40	29.2	29.3	33.5	29.7	31.2
8.90	27.4	23.0	20.9	29.6	29.0
10.45	27.0	30.9	32.6	26.7	28.6
11.95	27.5	34.0	36.7	29.3	29.0
13.50	27.2	21.9	28.5	32.1	30.7
15.00	22.1	25.8	21.7	25.1	23.4



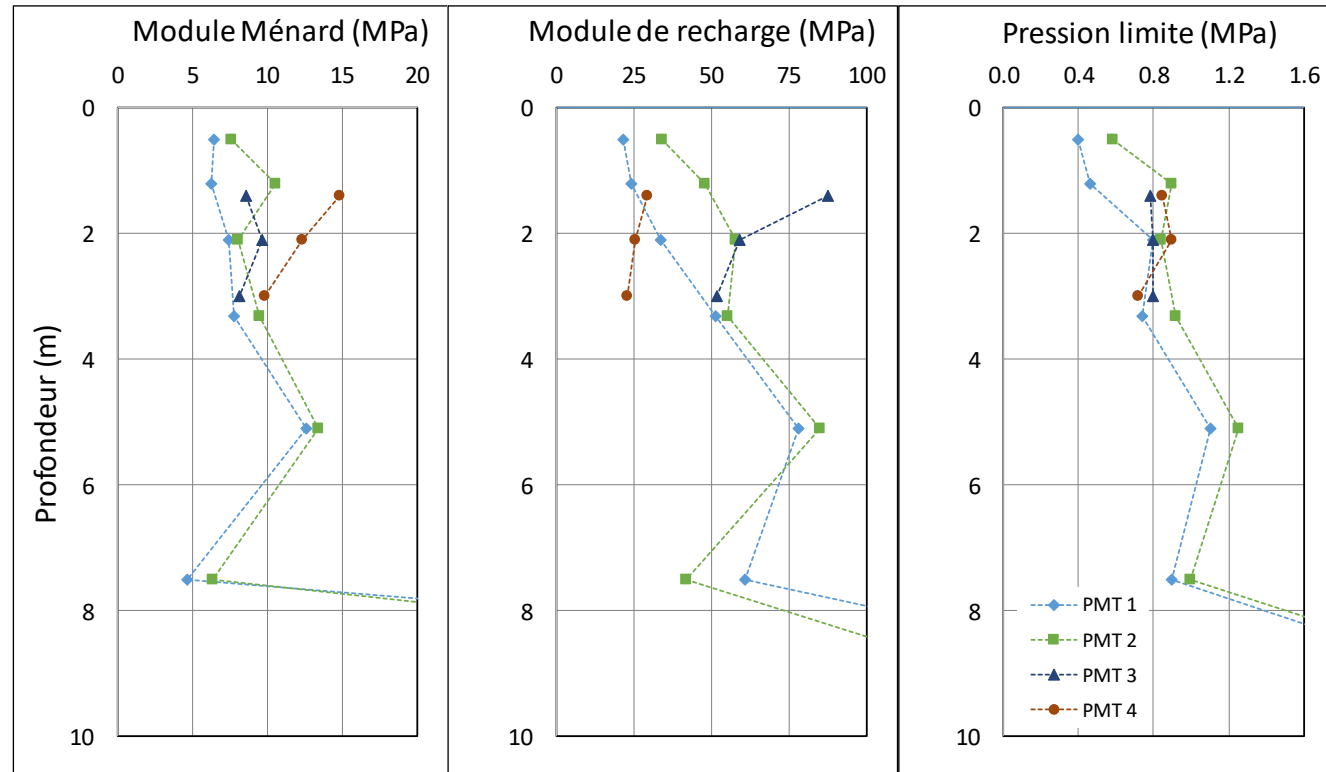
**Figure B3 : PROFILS DANS LE SABLE – Synthèse teneur en eau**



**Figure B4 : PROFILS DANS LE SABLE – Synthèse des essais CPTu**

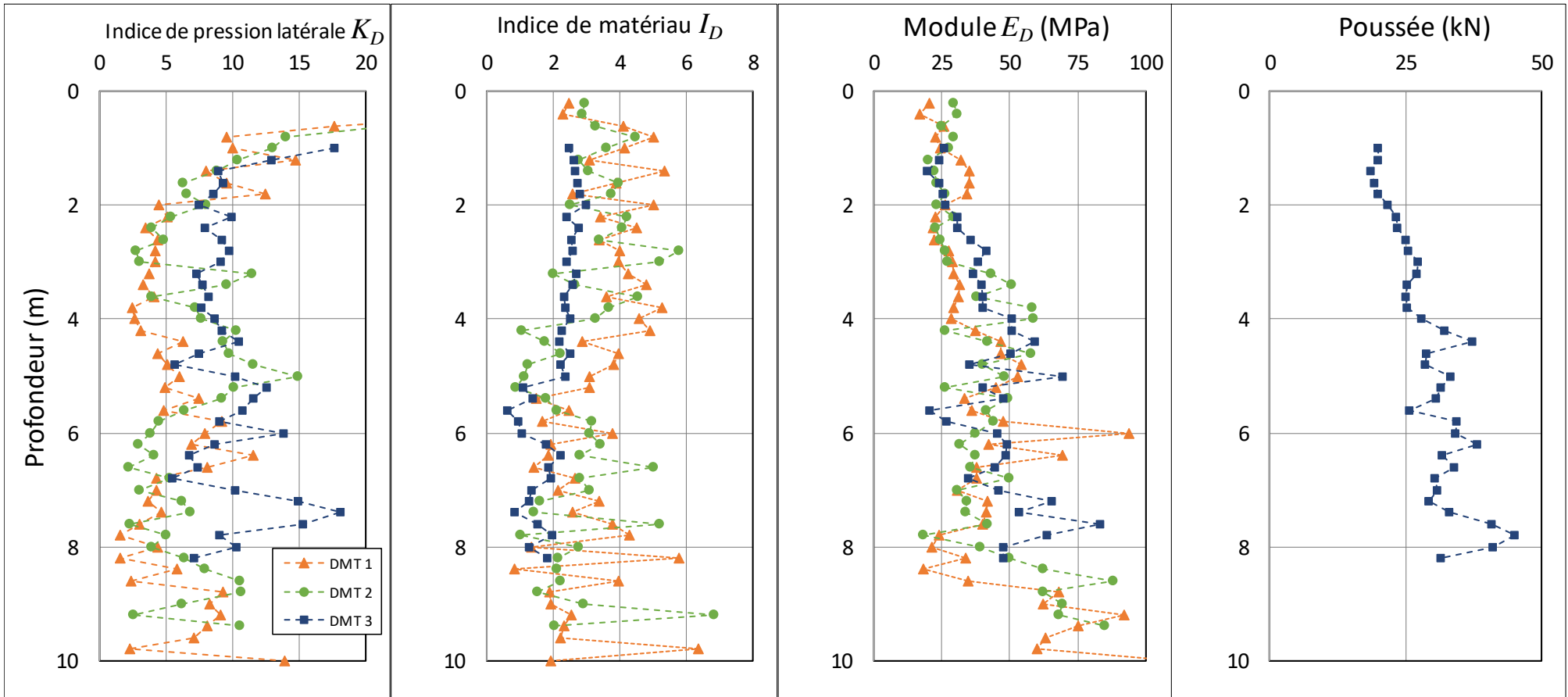
## Essais pressiométriques Ménard

	Profondeur (m)	Module Ménard (MPa)	Module de recharge (MPa)	Pression limite (MPa)
PMT 1	0.5	6.42	21.90	0.40
	1.2	6.27	24.34	0.46
	2.1	7.44	33.90	0.80
	3.3	7.75	51.43	0.74
	5.1	12.60	78.11	1.10
	7.5	4.62	61.10	0.90
	10.8	173.88	369.55	4.20
PMT 2	0.5	7.62	34.34	0.58
	1.2	10.56	47.89	0.90
	2.1	8.08	57.78	0.84
	3.3	9.49	55.51	0.92
	5.1	13.37	84.97	1.25
	7.5	6.39	41.97	1.00
	10.8	132.93	253.73	4.40
PMT 3	1.4	8.56	87.76	0.78
	2.1	9.66	59.29	0.80
	3.0	8.13	52.08	0.80
PMT 4	1.4	14.87	29.57	0.85
	2.1	12.37	25.45	0.90
	3.0	9.86	23.09	0.72



**Figure B5 : PROFILS DANS LE SABLE – Synthèse des essais pressiométriques**

## Dilatometre plat de Marchetti

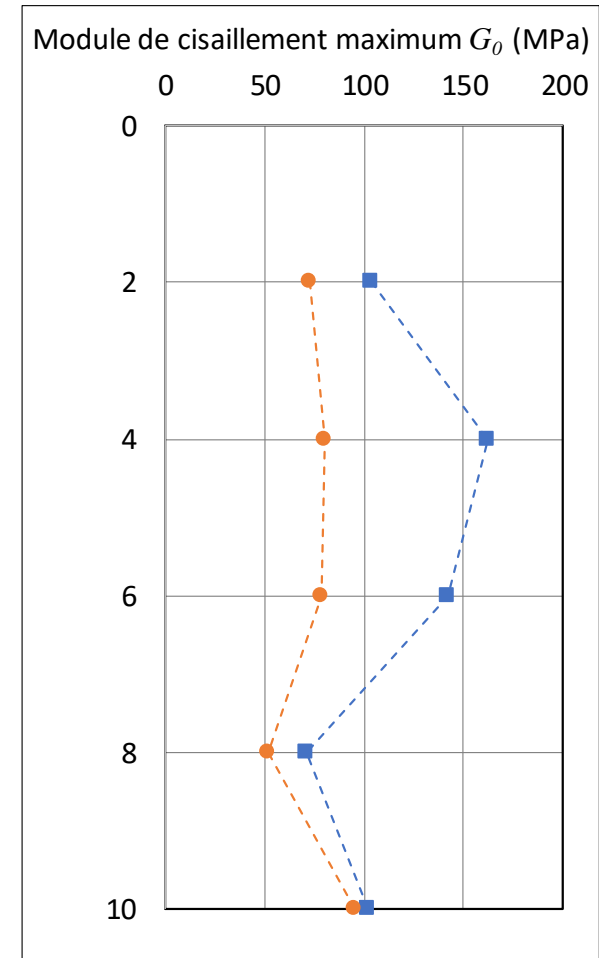
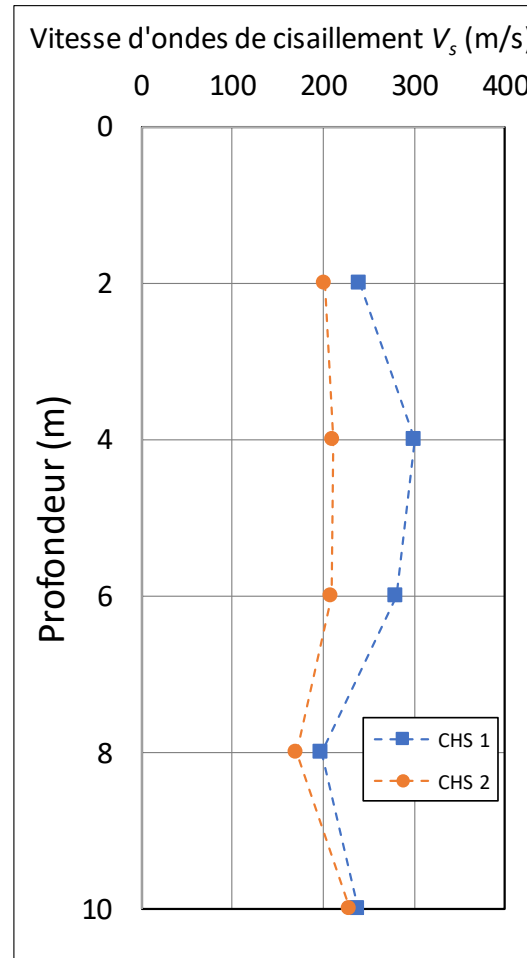


**Figure B6** : PROFILS DANS LE SABLE – Synthèse des essais dilatométriques

## ESSAIS SISMIQUES CROSS HOLE

	Profondeur (m)	$V_s$ (m/s)	$G_0$ (MPa)
CHS 1	2	240	104
	4	300	162
	6	281	142
	8	199	71
	10	238	102

	Profondeur (m)	$V_s$ (m/s)	$G_0$ (MPa)
CHS 2	2	202	73
	4	211	80
	6	210	79
	8	170	52
	10	230	95



**Figure B7** : PROFILS DANS LE SABLE – Synthèse des essais *Cross-Hole*

## **ANNEXE C : PROBLEMES TYPE**

Problème ARGILE 1 – Semelle filante sous chargement vertical  
(Prévision)

Problème ARGILE 2 – Pieu sous chargement axial  
(Prévision)

Problème ARGILE 3 – Pieu sous chargement transversal  
(Prévision)

Problème ARGILE 4 – Dimensionnement d'une pente  
(Dimensionnement)

Problème SABLE 1 – Semelle carrée sous chargement vertical  
(Dimensionnement)

Problème SABLE 2 – Pieu sous chargement axial  
(Prévision)

Problème SABLE 3 – Semelle sous chargement excentré  
(Dimensionnement)

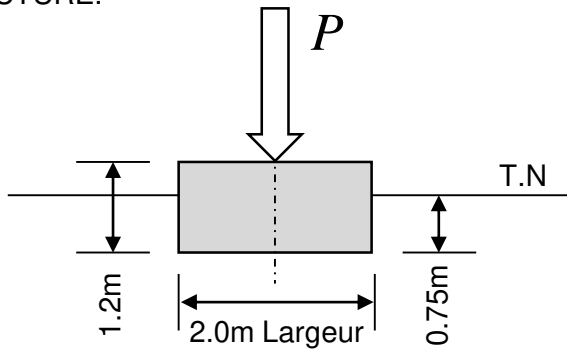
Problème SABLE 4 – Dimensionnement d'une pente  
(Dimensionnement)

Problème SABLE 5 – Écran de soutènement avec un niveau d'appui en tête  
(Dimensionnement)

Problème SABLE 6 – Paroi clouée provisoire  
(Dimensionnement)

# Problème Argile 1 – Semelle filante sous charge verticale

STRUCTURE:



- une semelle filante en béton de 2,0 m de largeur fondée sur l'argile à 0,75 m sous le niveau du terrain naturel.
- $P$  est la charge appliquée centrée sur la semelle (en excluant son poids).

PROBLÈME:

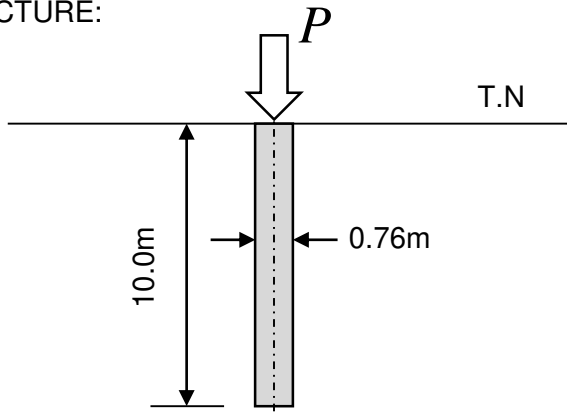
Ce problème nécessite la prévision du comportement de la semelle.

1. Estimer la charge à la rupture appliquée sur la semelle,  $P_{ult}$  (kN/m).
2. Estimer la charge appliquée  $P_{25mm}$  (kN/m) qui entraînera le tassement de la semelle de 25 mm à long terme.
3. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour la semelle lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)



## Problème Argile 2 – Pieu sous chargement axial

STRUCTURE:



- 0,76 m de diamètre, pieu foré et coulé en place dans l'argile.
- 10,0 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel.

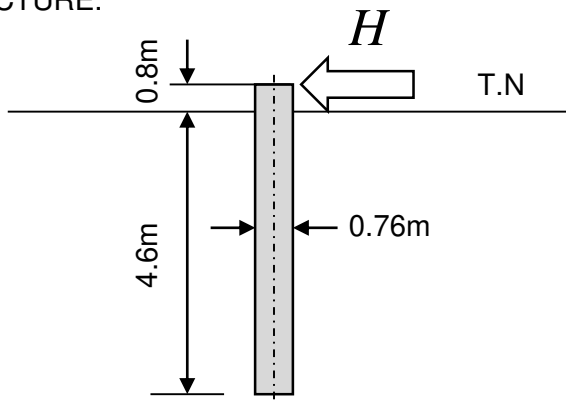
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement du pieu.

1. Estimer la capacité portante du pieu  $P_{ult}$ .
2. Si la méthode utilisée sépare la résistance en frottement et en pointe, indiquer,  $P_{ult (frottement)}$  et  $P_{ult (pointe)}$ .
3. Estimer la courbe de chargement-enfoncement jusqu'à la rupture.
4. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour le pieu lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

## Problème Argile 3 – Pieu sous chargement transversal

STRUCTURE:



- 0,76 m de diamètre, pieu foré et coulé sur place dans l'argile
- 4,6 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel
- Charge appliquée à 0,8 m au-dessus du niveau du terrain naturel
- Armatures suffisantes pour empêcher la rupture par flexion ou cisaillement du pieu.

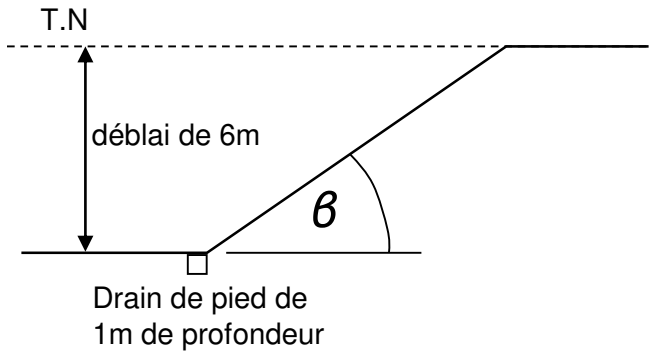
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement du pieu.

1. Estimer la charge limite du pieu  $H_{ult}$ .
2. Estimer la courbe charge-déplacement à long terme jusqu'à la rupture..
3. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour le pieu lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

# Problème Argile 4 – Dimensionnement d'une pente

STRUCTURE:



- Déblai permanent pour une voie publique.
- Aucune surcharge.

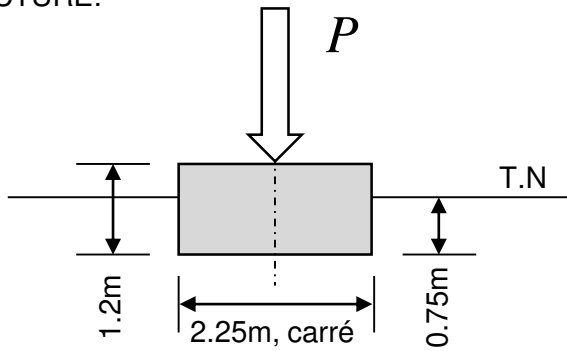
PROBLÈME:

Ce problème de dimensionnement nécessite la spécification de l'angle d'inclinaison du talus.

1. Déterminer l'angle  $\beta$  du talus de déblai

# Problème Sable 1 – Semelle sous chargement vertical

STRUCTURE:



- Une semelle carrée en béton de 2,25 m de largeur fondée sur le sable à 0,75 m sous le niveau du terrain naturel
- $P$  est la charge appliquée centrée sur la semelle (en excluant son poids)

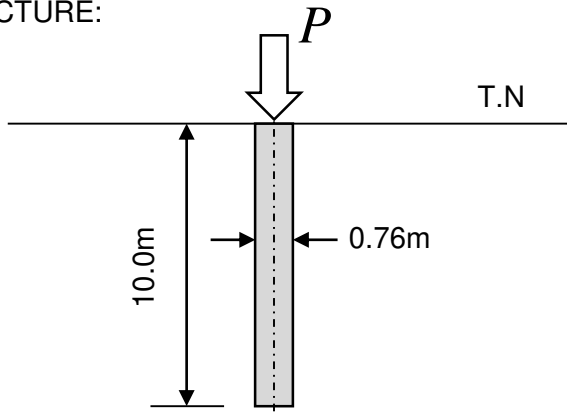
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement de la semelle.

1. Estimer la capacité portante de la semelle  $P_{ult}$ .
2. Estimer la charge appliquée  $P_{25}$  (kN / m) qui entraînera le tassement de la semelle de 25 mm à long terme.
3. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour la semelle lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

## Problème Sable 2 – Pieu sous chargement axial

STRUCTURE:



- 0,76 m de diamètre, pieu foré et coulé sur place dans le sable.
- 10,0 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel.

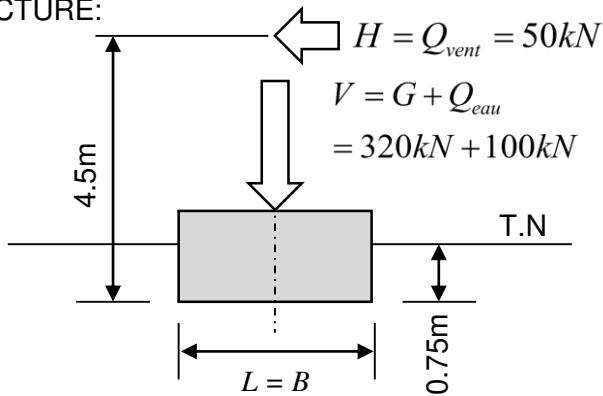
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement du pieu

1. Estimer la capacité portante du pieu  $P_{ult}$ .
2. Si la méthode utilisée sépare la résistance en frottement et en pointe, indiquer,  $P_{ult}$  (frottement) and  $P_{ult}$  (pointe).
3. Estimer la courbe de chargement-tassement jusqu'à la rupture.
4. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour le pieu lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

## Problème Sable 3 – Semelle sous chargement excentré

STRUCTURE:



- Il s'agit de la fondation pour un réservoir d'eau
- La charge verticale  $V$  comprend la charge permanente  $G$  ( en excluant le poids de la semelle) et le poids du réservoir d'eau  $Q_{eau}$ .
- La charge horizontale  $H$  est uniquement due au vent  $Q_{vent}$  (elle peut agir dans n'importe quelle direction).
- Les charges sont données sous forme de valeurs caractéristiques.

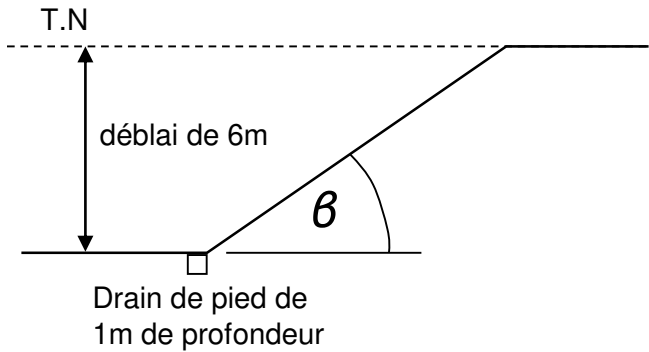
PROBLÈME:

Il s'agit d'un problème de dimensionnement nécessitant la détermination de la taille de la semelle pour la construction.

1. Déterminez la taille de la semelle ( $L = B$ ).

# Problème Sable 4 – Dimensionnement d'une pente

STRUCTURE:



- Déblai permanent pour une voie publique.
- Aucune surcharge

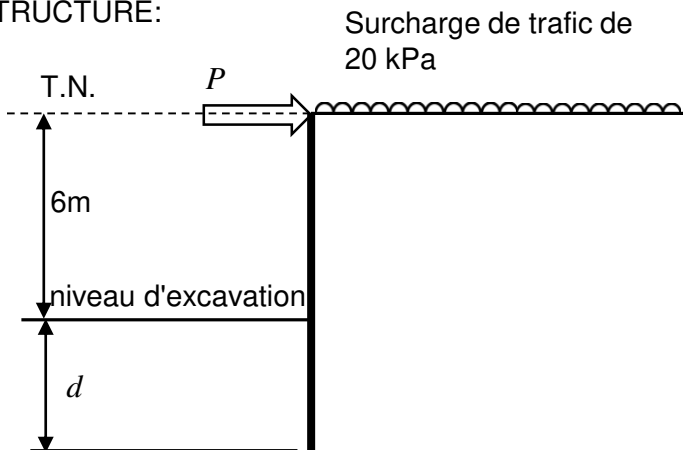
PROBLÈME:

Ce problème de dimensionnement nécessite la détermination de l'angle d'inclinaison du talus.

1. Déterminer l'angle  $\theta$  du talus de déblai

# Problème Sable 5 – Écran de soutènement avec un niveau d'appui en tête

STRUCTURE:



- Mur de soutènement permanent avec un niveau d'appui en tête
- Excavation de 6 m de profondeur.
- Chargement variable de 20 kPa (surcharge) dû au trafic.

PROBLÈME::

Il s'agit d'un problème de dimensionnement nécessitant la détermination de la géométrie du mur, de la force d'appui et de la résistance du mur en flexion.

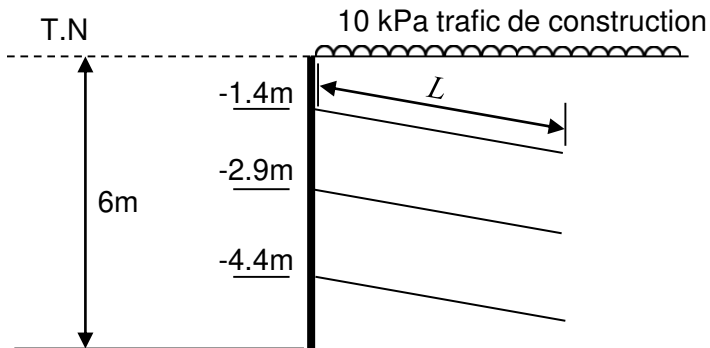
1. Déterminer la profondeur de la fiche nécessaire  $d$  (m).
2. Déterminer la force d'appui  $P$  (kN/m).
3. Déterminer le moment résistant minimum du mur  $M_m$  (kNm/m).

Le dimensionnement doit être basé sur la stabilité du mur en équilibre limite ultime, sans examiner les exigences de limitation des déplacements



## Problème Sable 6 - Paroi clouée provisoire

STRUCTURE:



- Paroi clouée provisoire
- Chargement variable de 10 kPa (trafic de construction).
- Inclinaison des clous de  $10^\circ$
- Clous de 20 mm :  $F_y = 140\text{kN}$ .
- Tous les clous ont la même longueur  $L$  m.

PROBLÈME:

Il s'agit d'un problème de dimensionnement nécessitant la détermination de la longueur des clous et de leur espacement horizontal.

1. Déterminer la longueur requise des clous ( $L$ ).
2. Déterminer l'espacement horizontal ( $S_H$ ).

Le dimensionnement doit être basé sur la stabilité du mur en équilibre limite ultime, sans examiner les exigences de limitation des déplacements